

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Химический факультет

Кафедра аналитической химии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Особенности формирования погрешностей при анализе объектов окружающей
среды и их оценка»

Екатеринбург
2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ « Экология и природопользование »

Химический факультет

Кафедра аналитической химии

**Особенности формирования погрешностей при анализе объектов
окружающей среды и их оценка**

Программа дисциплины

Подпись руководителя ИОНЦ _____ Радченко Т.А.

« _____ » _____ 2008 г.

**Екатеринбург
2008**

(дата)

© Подкорытов А.Л., 2008

Компоненты содержания программы

I. Введение

1. Цель дисциплины:

Целью специального курса «Особенности формирования погрешностей результатов при анализе объектов окружающей среды и их оценка» является расширение представлений о специфике химической метрологии, способах свертывания аналитической информации, основных источниках погрешностей и всесторонней оценке результатов химического анализа объектов окружающей среды, полученных студентами на начальном этапе обучения в курсах математики, физики и общем курсе аналитической химии.

2. Задачи дисциплины:

Основной задачей курса является развитие представлений об источниках и формировании погрешностей при анализе объектов окружающей среды, способах оценки правильности и прецизионности результатов анализа, освоение студентами основных положений современных нормативных документов в области химической метрологии и привитие навыков применения полученных знаний в практической деятельности по оценке систематических и случайных погрешностей результатов анализа объектов окружающей среды, а также ознакомление студентов с другими проблемами хемометрики (дисперсионный, корреляционный анализ, регрессионный анализ).

3. Место дисциплины в системе высшего профессионального образования:

Базовые дисциплины: курс аналитической химии, курс высшей математики, общий курс физики, курсы по основам экологии и охраны окружающей среды, курс анализа объектов окружающей среды.

Основу курса составляет метрология химического анализа и аналитическая химия. Содержание курса применимо во всех химических дисциплинах, требующих корректной, надежной обработки экспериментальных данных, а также при изучении экологических дисциплин и в методологии охраны окружающей среды.

4. Требования к уровню освоения содержания курса (приобретаемые компетенции, знания, умения, навыки):

Освоение курса должно способствовать расширению знаний о причинах и источниках погрешностей химического анализа объектов окружающей среды, освоению навыков рациональных приемов расчета основных количественных показателей выборки, систематических и случайных погрешностей анализа, т.е. умению оценить правильность и прецизионность результатов анализа.

Студенты должны освоить подходы и методы грамотной математической обработки результатов эксперимента, в том числе, больших по объему массивов данных, получаемых при анализе объектов окружающей среды.

Студенты приобретают навыки использования регрессионного и корреляционного анализа, умение использовать табличные и коррелированные величины.

Будущие специалисты должны ознакомиться и усвоить основные проблемы метрологии химического анализа и хеометрики, эффективно и грамотно выполнять требования нормативных документов при обработке результатов анализа объектов окружающей среды.

Курс направлен на развитие общей эрудиции студентов в области мониторинга окружающей среды и санитарно-химического контроля.

5. Методическая новизна курса (новые методики, формы работы, авторские приемы в преподавании):

Лекционный курс и семинарские занятия базируются на использовании современных понятий и подходов хеометрики, новых ГОСТ Р ИСО 5725 - 1–6 – 2002 "Точность (правильность и прецизионность методов и результатов измерений)". Курс предусматривает востребованность знаний и навыков, полученных студентами на младших курсах в рамках дисциплин "Аналитическая химия", "Математика", "Физика".

II. Содержание курса

1. Темы и разделы курса, их краткое содержание

Введение

Метрология и ее основные проблемы. Особенности химической метрологии. Основные этапы химического анализа и роль математической статистики. Аналитическая химия и метрология. Правильность и прецизионность результатов анализа. ГОСТ Р ИСО – 5725- 1-6- 2002 «Точность (правильность и прецизионность методов и результатов измерений)». Правильность результатов измерений. Прецизионность анализа. Повторяемость (сходимость) и воспроизводимость результатов анализа. Условия повторяемости и условия воспроизводимости. Истинное значение (действительное) и принятое опорное значение измеряемой величины. Аналитический контроль. Современные прикладные аналитические службы. Санитарно-химический анализ. Специфика анализа объектов окружающей среды. Метрологические проблемы анализа объектов окружающей среды. Общие принципы организации санитарно-химического контроля и метрологическое обеспечение анализа. Унификация и стандартизация методик. Хемометрика.

Источники погрешностей анализа объектов окружающей среды. Значение пробоотбора и пробоподготовки в количественном анализе природных объектов. Приложение хемометрики к пробоотбору и другим операциям химического анализа.

1. Классификация погрешностей: абсолютные и относительные, положительные и отрицательные, постоянные и пропорциональные; случайные и систематические, погрешности единичного измерения, среднего значения, генерализованная погрешность; погрешности прямых и косвенных измерений. Источники происхождения погрешностей.

Формирование случайных и систематических погрешностей анализа объектов окружающей среды.

2. Систематические погрешности в химическом анализе.

Систематические погрешности 1 типа и их учет в оценке конечных результатов анализа объектов окружающей среды. Примеры систематических погрешностей 1 типа. Влияние температуры на систематическую погрешность анализа объектов окружающей среды. Систематические погрешности 2 типа и методы их устранения. Релятивизация и рандомизация погрешностей. Градуировка и калибровка приборов и оборудования в химическом анализе. Поверка средств измерения. Химические реактивы. Классификация по степени чистоты. Вода как основной реактив. Методы очистки реактивов и учет систематической реактивной погрешности. Проведение и обработка результатов «холостого» опыта. Эталоны. Стандартные образцы химического состава объектов окружающей среды. Иерархия, требования, выпуск стандартных образцов. Методические погрешности. Погрешности интерпретации. Систематические погрешности 3 типа.

3. Основные положения математической статистики и случайные погрешности. Случайная величина и ее характеристики. Свертывание информации и способы представления первичных аналитических данных. Частота появления результата. Гистограммы. Виды распределения частот. Основные числовые показатели разброса случайной величины. Стандартное отклонение и рациональные способы его расчета. Замена переменных при расчете стандартного отклонения. Выявление истинной асимметрии в распределении частот появления результатов. Асимметрия и эксцесс. Расчетные формулы асимметрии и эксцесса и выводы и практическое применение.

4. Нормальное распределение Гаусса и его свойства. Функция Гаусса. Математическое ожидание и дисперсия. Свойства нормального распределения. Интегральная нормированная функция Гаусса. Удвоенная нормированная функция Лапласа и вероятность появления значения. Доверительный интервал.

t-распределение и его связь с нормальным распределением. Доверительный интервал и число параллельных определений. Другие распределения, связанные с нормальным: X-распределение (критерий Пирсона), F-распределение (критерий Фишера), G-распределение (критерий Кохрена). Сравнение дисперсий. Сравнение средних результатов. Определение и исключение грубых погрешностей. Выбросы. Винсоризация результатов.

5. Регрессионный и корреляционный анализ. Статистика прямых линий. Метод наименьших квадратов. Расчет коэффициентов регрессии и погрешностей их значений. Использование МНК в аналитической химии. Примеры. Градуировочные графики в количественном анализе и коэффициент чувствительности. Чувствительность и предел обнаружения.

Коэффициент корреляции и его расчет. Коэффициент парной корреляции.

6. Дисперсионный анализ в аналитической химии. Распространение погрешностей на вычисления. Суммарные погрешности в гравиметрическом, титриметрическом, инструментальных методах анализа. Допуски для мерной посуды. Расчет погрешности воспроизводимости и межлабораторной погрешности. Суммарная дисперсия. Однородность дисперсий. Дисперсия воспроизводимости.

7. Значащие цифры и правила округления результатов анализа.

2. Темы семинарских занятий

1. Проверка нормального распределения. Вычисление асимметрии и эксцесса. Расчет основных числовых показателей выборки. Замена переменных.
2. Оценка правильности результатов. Выявление систематических погрешностей.
3. Выбраковка результатов измерений. Выбросы. Дисперсионный анализ.
4. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов.
5. Значащие цифры и правила округления. Расчет суммарных погрешностей.

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

1. Дайте классификацию погрешностям в химическом анализе.
2. Что такое стандартное отклонение для выборочной совокупности?
3. Что такое доверительный интервал?
4. Q-тест для оценки выбросов.
5. Роль выбросов в анализе объектов окружающей среды.
6. Какова формула t-критерия при сравнении средних?
7. v-критерий для оценки выбросов.
8. Дисперсия выборки. Отличие от дисперсии генеральной совокупности.
9. Применение критерия Фишера.
10. Какова формула критерия Кайзера?
11. Что такое коэффициент вариации?
12. Относительное стандартное отклонение.
13. Критерий Кохрена. Условия его применения.
14. Дайте понятие асимметрии и эксцесса распределения случайной величины.
15. Приведите формулу функции нормального распределения Гаусса.
16. Свойства нормального распределения.
17. Что такое доверительная вероятность?
18. Дайте понятия доверительных границ и доверительного интервала.
19. Что такое точность результатов анализа?
20. В чем отличие понятий сходимости и воспроизводимости результатов измерений?
21. Дайте понятие «принятое опорное значение».
22. Что такое условия повторяемости?
23. Сформулируйте условия воспроизводимости?
24. Что такое математическое ожидание?
25. Перечислите основные источники систематических погрешностей анализа объектов окружающей среды.

26. Приведите примеры систематических погрешностей 1 типа (по общепринятой классификации).
27. Что такое релятивизация систематических погрешностей?
28. Приведите несколько примеров релятивизации при анализе объектов окружающей среды.
29. Рандомизация погрешностей в анализе объектов окружающей среды.
30. Примеры рандомизации в санитарно-химическом контроле.
31. Перечислите основные способы проверки правильности результатов анализа.
32. Дайте определение систематической и случайной погрешности результатов измерений.
33. Назовите первичные статистические характеристики выборочной совокупности.
34. Сформулируйте цель регрессионного анализа.
35. Что такое корреляционный анализ?
36. Какими способами можно проверить правильность результатов анализа?
37. Какие величины характеризуют сходимость (повторяемость) результатов анализа?
38. Дайте определение выброса.
39. Приведите формулы критериев, используемых для обнаружения выбросов.
40. Что такое винсоризация результатов анализа?
41. Какова роль погрешности пробоотбора в анализе объектов окружающей среды?
42. Что характеризует распределение Пирсона?
43. Приведите формулу критерия Пирсона.
44. Что такое хемометрика?
45. Что такое предел обнаружения?
46. Что такое стандартный образец химического состава?
47. Дисперсия выборки и дисперсия генеральной совокупности.
48. Что такое дисперсия воспроизводимости?

49. В чем сущность метода наименьших квадратов?
50. Что такое ПДК?
51. Что такое коэффициент чувствительности?
52. Какую информацию дают результаты корреляционного анализа?
53. Что такое ковариация?
54. В чем отличие случайных погрешностей от систематических?
55. Что такое t-распределение? Его связь с нормальным распределением.
56. Что такое погрешность результата анализа?
57. Дайте определение среднего, медианы и размаха варьирования.
58. Целесообразность использования среднеарифметического и медианы.
59. Каким образом готовят стандартный образец химического состава объекта окружающей среды?
60. Приведите примеры релятивизации погрешностей.
61. В каких случаях можно использовать рандомизацию результатов измерений?
62. Что такое степень свободы?
63. Как связано число степеней свободы с числом измерений в случае одной и нескольких выборочных совокупностей?
64. Что такое правильность результатов анализа?
65. Как выражается доверительный интервал при разной доверительной вероятности для генеральной и выборочной совокупности?
66. Какие Вы знаете приемы исключения выбросов?
67. Как выявить систематическую погрешность, пользуясь истинным (или П.О.З.) значением измеряемой величины и статистическими оценками выборки?
68. Сформулируйте правила суммирования систематических погрешностей.
69. Каковы принципы суммирования случайных погрешностей?
70. Почему индивидуальные погрешности исполнителя относятся к систематическим?
71. Что такое погрешности интерпретации?

72. Приведите несколько примеров систематических погрешностей 1 типа, возникающих при анализе объектов окружающей среды.
73. Что такое систематические погрешности 11 типа. Приведите примеры их возникновения при анализе объектов окружающей среды.
74. Почему в рядовых аналитических определениях ограничиваются 3-я -5-ю параллельными анализами пробы?
75. Что характеризует коэффициент Стьюдента? От каких факторов он зависит?
76. Что есть распределение Стьюдента? Его связь с нормальным распределением.
77. Что такое уровень значимости и как он связан с величиной доверительной вероятности?
78. Как записать выражение для доверительного интервала, и что он характеризует?
79. Как используются методы математической статистики для проверки значимости различий серийных измерений?
80. При измерении pH раствора вытяжки почвы получены следующие результаты: 8,48 8,55 8,20 8,40. Определить содержат ли результаты выброс.
81. Оцените прецизионность (сходимость) результатов определения теллура в сточных водах спектрофотометрическим методом (в виде иодидного комплекса), если получены следующие результаты: 6,0 10,0 7,0 9,0 мкг/ л.
82. Что такое однородность дисперсий?
83. Специфика применения критерия Кохрена.
84. Что такое дисперсия воспроизводимости?
85. Что такое систематические погрешности III типа?
86. Как проверить нормальность распределения результатов анализа объектов окружающей среды?
87. Неравенство Чебышева и предел обнаружения.

88. В чем различие применимости критериев Фишера и Кохрена при сравнении дисперсий?
89. В каком случае возможно сравнение средних результатов
90. выборочных совокупностей?
91. Приведите примеры погрешностей прямых и косвенных измерений при анализе объектов окружающей среды.
92. При определении калия в сточной воде получены следующие результаты: 12,4 12,8 12,3 12,4. Определите доверительный интервал и доверительные границы при доверительной вероятности 0,95 и 0,99. Сделайте вывод.
93. Что такое детерминированная и стохастическая связь переменных величин?
94. Дайте понятие «корреляционный анализ».
95. Что такое коэффициент корреляции?
96. Что такое гистограмма?
97. Что такое тренд результатов измерений?
98. Причины появления асимметрии в распределении результатов при анализе объектов окружающей среды.
99. Что такое эксцесс в распределении результатов измерений?
100. Приведите формулы расчета асимметрии и эксцесса.
101. Приведите примеры «ложной» асимметрии на примере результатов анализа объектов окружающей среды.

3. Примерная тематика рефератов, курсовых работ (не предусмотрены)

4. Примерный перечень вопросов к зачету:

- 1) Классификация погрешностей измерений по способу выражения (вычисления) и по типу связи между измеряемой величиной и погрешностью.

- 2) Классификация погрешностей по характеру вызывающих их причин.
- 3) Погрешности прямых и косвенных измерений при анализе объектов окружающей среды.
- 4) Систематические погрешности и их типы.
- 5) Характеристика систематических погрешностей I типа
- 6) Основные источники систематических погрешностей I типа и их расчет.
- 7) Классификация систематических погрешностей II типа.
- 8) Инструментальные погрешности и их устранение.
- 9) Реактивные погрешности. Учет степени чистоты и мешающего действия реактивов.
- 10) Погрешности метода анализа. Примеры возникновения погрешностей при анализе объектов окружающей среды.
- 11) Погрешности пробоотбора и пробоподготовки при анализе объектов окружающей среды.
- 12) Погрешности интерпретации.
- 13) Индивидуальные погрешности оператора. Специфика погрешностей при анализе объектов окружающей среды.
- 14) Релятивизация систематических погрешностей II типа.
- 15) Рандомизация систематических погрешностей.
- 16) Основные числовые характеристики разброса случайной величины (выборки).
- 17) Стандартное отклонение для выборки и генеральной совокупности.
- 18) Рациональные способы расчета стандартного отклонения. Примеры.
- 19) Случайная величина и ее характеристики. Способы представления первичных аналитических данных. Гистограммы в анализе объектов окружающей среды.
- 20) Выявление истинной асимметрии в распределении частот появления результатов.
- 21) Асимметрия больших выборок при анализе объектов окружающей среды.
- 22) Эксцесс. Расчет и выводы.

- 23) Нормальное распределение. Функция Гаусса.
- 24) Свойства нормального распределения.
- 25) Функция Лапласа. Свойства удвоенной функции Лапласа.
- 26) Доверительный интервал.
- 27) t-распределение, его связь с нормальным распределением. Доверительный интервал. Зависимость величины доверительного интервала от числа измерений.
- 28) Распределение Пирсона.
- 29) Удвоенная функция Лапласа.
- 30) Асимметрия правосторонняя и левосторонняя в распределении результатов анализа объектов окружающей среды.
- 31) Стохастическая и детерминированная связь, понятие корреляции.
- 32) Корреляционный анализ, коэффициент парной корреляции.
- 33) Корреляционный анализ в санитарно-химическом контроле.
- 34) Способы и проверка ковариации при анализе объектов окружающей среды.
- 35) Сравнение средних результатов измерений.
- 36) Дисперсионный анализ. Равноточность измерений и однородность дисперсий.
- 37) Статистика больших выборок. Дисперсия воспроизводимости.
- 38) Специфика химической метрологии при анализе объектов окружающей среды.
- 39) Дисперсионный анализ. Критерий Кохрена.
- 40) Особенности формирования систематических погрешностей при анализе объектов окружающей среды.
- 41) Цели и задачи, решаемые при статистической обработке результатов анализа объектов окружающей среды.
- 42) Метрология и мониторинг окружающей среды.
- 43) Метод наименьших квадратов в аналитической химии.
- 44) Дисперсионный анализ. Сравнение частот. Сравнение дисперсий.
- 45) Статистические методы проверки гипотез.

- 46) Сравнение двух и нескольких стандартных отклонений.
- 47) Выявление грубых погрешностей. Выбросы.
- 48) Статистика прямых линий.
- 49) Корреляционный анализ.
- 50) Градуировочный график и метод наименьших квадратов.
- 51) Распределение Фишера. Связь с нормальным распределением Гаусса.
- 52) Критерии для оценки выбросов результатов измерений при анализе объектов окружающей среды.
- 53) Проблемы, решаемые при обработке результатов анализа объектов окружающей среды.
- 54) Особенности формирования погрешностей анализа почв.
- 55) Погрешности химического анализа воздуха. Роль погрешностей пробоотбора.
- 56) Специфика формирования погрешностей анализа природных вод.
- 57) Формирование погрешностей анализа водных растворов различной природы.
- 58) Роль санитарно-химического анализа в системе мониторинга объектов окружающей среды.
- 59) ПДК и Ориентировочный Безопасный Уровень Воздействия (ОБУВ).
- 60) Химический анализ как метрологическая процедура.
- 61) Источники систематических погрешностей химического анализа объектов окружающей среды.
- 62) Абсолютные и относительные погрешности химического анализа.
- 63) Постоянные и пропорциональные погрешности анализа.
- 64) Связь между измеряемой величиной и погрешностью анализа.
- 65) Примеры применения функции нормального распределения Гаусса-Лапласа для обработки результатов химического анализа объектов окружающей среды.
- 66) Случайные погрешности гравиметрического анализа объектов окружающей среды.

- 67) Случайные погрешности титриметрического анализа объектов окружающей среды.
- 68) Сопоставление систематических и случайных погрешностей в титриметрическом анализе объектов окружающей среды.
- 69) Случайные погрешности инструментальных методов анализа.
- 70) Систематические инструментальные погрешности.
- 71) Способы выявления систематических инструментальных погрешностей.
- 72) Поверка, калибровка и градуировка аналитических приборов.
- 73) Калибровка мерной посуды. Классы точности измерительных сосудов. Пределы допустимых отклонений.
- 74) Реактивные и эталонные погрешности. Пути снижения систематических реактивных погрешностей.
- 75) Примеры методических погрешностей в анализе объектов окружающей среды.
- 76) Систематические индикаторные погрешности кислотно-основного титрования при анализе объектов окружающей среды.
- 77) Систематические индикаторные погрешности окислительно-восстановительного титрования при анализе объектов окружающей среды.
- 78) Систематические индикаторные погрешности комплексонометрического титрования при анализе объектов окружающей среды.
- 79) Систематические погрешности гравиметрического анализа.
- 80) Источники систематических погрешностей в методе осадительного титрования.
- 81) Соосаждение как причина методических погрешностей в гравиметрии.
- 82) Погрешности прямых и косвенных измерений.
- 83) Выбраковка результатов химического анализа.
- 84) Особенности статистики больших выборок при анализе объектов окружающей среды.
- 85) Основные приемы свертывания информации и представления ее в удобном компактном виде.

- 86) Оценка значимости систематических погрешностей химического анализа.
- 87) Статистическая оценка предела обнаружения.
- 88) Законы распространения погрешностей на вычисления.
- 89) Расчет суммарной абсолютной и относительной систематической погрешности.
- 90) Вычисление суммарной абсолютной и относительной случайной погрешности анализа.
- 91) Систематические и случайные погрешности электрохимических методов анализа.
- 92) Систематические и случайные погрешности некоторых оптических методов анализа.
- 93) Расчет оптимального числа параллельных измерений при анализе объектов окружающей среды.
- 94) Значащие цифры в обработке результатов. Достоверные и недостоверные цифры.
- 95) Понятие относительной недостоверности.
- 96) Правила округления результатов химического анализа.
- 97) Особенности округления результатов сложения, вычитания, умножения, деления, возведения в степень, логарифмирования.
- 98) Основные проблемы современной хемометрики.
- 98) Роль пробоотбора и пробоподготовки в формировании суммарной погрешности анализа объектов окружающей среды.
- 99) Метрологический контроль и надзор. Ответственность за нарушение метрологических норм и правил.
- 100) Применение хемометрики в анализе объектов окружающей среды.

III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Наименование разделов и тем	ВСЕГО (часов)	Аудиторные занятия (часов)		Самостоя- тельная работа (часов)
			В том числе		
			лекции	практи- ческие	
1	Введение.	1	1	-	-
2	Классификация погрешностей. Причины и источники формирования погрешностей	7	3	-	4
3	Систематические погрешности в химическом анализе объектов окружающей среды	11	6	1	4
4	Основные положения математической статистики и случайные погрешности. Стандартное отклонение, дисперсия, доверительный интервал	14	8	2	4
5	Нормальное распределение Гаусса, его свойства и применение. Асимметрия и эксцесс распределения случайных величин при анализе природных объектов. Распределения Стьюдента, Пирсона, Фишера, Кохрена. Выбросы	14	8	2	4
6	Регрессионный и корреляционный анализ и их применение в санитарно- химическом контроле	10	4	2	4
7	Дисперсионный анализ в аналитической химии. Методы оценки воспроизводимости результатов при анализе объектов окружающей среды	13	6	1	4
	Всего	70	36	10	24

IV. Форма итогового контроля

Зачет

V. Учебно-методическое обеспечение курса

1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Чарыков А.К. Математическая обработка результатов химического анализа. Л. Химия. 1984.
2. Дерффель К. Статистика в аналитической химии. М. Мир. 1994.
3. Шварев В.С. Оценка результатов химического анализа. Методические указания. УрГУ. Свердловск. 1983.
4. Шварев В.С. Элементарный дисперсионный анализ. Методические указания. УрГУ. Свердловск. 1983.
5. Систематические и случайные погрешности химического анализа
Под ред. Черновьянц М.С., М. Академкнига. 2004.
6. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия: В 2 кн. Химия. 1990.
7. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М. М. Бином. 2002.
8. Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г. Химическое разделение и измерение. Т.1. М. Химия. 1978.
9. Жуковский В.М., Подкорытов А.Л. Планирование химического эксперимента. Методические указания. УрГУ. Свердловск. 1987.
10. Основы аналитической химии: В 2 кн. Учебник для вузов / Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. и др.; Под ред. Золотова Ю.А. М. 2002.
11. Справочник по аналитической химии. Лурье Ю.Ю. Химия. 1979.
12. ГОСТ Р ИСО 5725-1-6-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений». Госстандарт России. М.
13. МИ 1317-86. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешностей измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

14. РМГ 29-99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
15. Фадеева В.И., Шеховцова Т.Н. Основы аналитической химии. Практик. М. Высшая школа. 2001.
16. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л. Агропромиздат. 1986.
17. Унифицированные методы анализа вод. Под редакцией Ю.Ю.Лурье. М.: Химия. 1971.

Дополнительная

1. Шараф М.А., Иллман Д.Л., Ковальски Б.Р. Хемометрика. Л. Химия. 1989.
2. Романенко В.Н., Орлов А.Г., Никитина Г.В. Книга для начинающего исследователя-химика. Л. Химия. 1987.
3. Шаевич А.Б. Стандартные образцы для аналитических целей. М. Химия. 1987.
4. Золотов Ю.А. Очерки аналитической химии. М.: Химия. 1977.
5. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин. Л. 1974.
6. Кассандров А.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. М. 1970.
7. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. М.: Мир. 2004.
8. Долманова И.Ф., Дорохова Е.Н., Гармаш А.В. Метрологические основы химического анализа. М. МГУ. 1993.
9. Шаевич А.Б. Эволюция метрологических представлений в аналитике. ЖАХ. 1992. Т.42. №12. с. 169.
10. Лакиза Н.В., Осинцева Е.В., Неудачина Л.К. Анализ объектов окружающей среды. Методические указания к лабораторным работам по спецкурсу для студентов 4 курса химического факультета. Екатеринбург: УрГУ. 2006.

VI. Ресурсное обеспечение

Базы данных.

Пакеты программ по обработке результатов.

Компьютерные классы.

Раздаточный материал (таблицы, рисунки, графики).